

معامل انتقال العناصر المشعة ^{232}Th ، ^{40}K ، ^{226}Ra من التربة إلى بعض الخضراوات المحلية في مناطق مختلفة من محافظة نينوى

علي خطاب حسين

قسم الفيزياء/ كلية التربية/ جامعة الموصل

E-mail: ali_khatab59@yahoo.com

(أستلم 2014/1/5 ؛ قُبل 2014/2/ 24)

الملخص

في هذه الدراسة حسبت تراكيز الفعالية للعناصر المشعة الطبيعية ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th ومعاملات انتقالها في ست وثلاثين عينة من التربة والخضراوات في أربع مواقع زراعية هي ربيعة والرشيديّة وحمام العليل والسلامية. معدل تراكيز الفعالية للبيوتاسيوم ^{40}K والراديو ^{226}Ra والثوريوم ^{232}Th في التربة كانت 624.66 ± 75.4 Bq/kg، 20.64 ± 3.63 Bq/kg، 6.73 ± 1.84 Bq/kg على التوالي في المواقع الأربع. وان معدل قيم تراكيز الفعالية في الخضراوات الجافة كانت 14.07 ± 36.3 Bq/kg و 9 ± 1.63 Bq/kg و 1.68 ± 0.92 Bq/kg وفي الخضراوات الرطبة كانت 31.2 ± 7.9 Bq/kg و 0.74 ± 0.23 Bq/kg و 0.175 ± 0.07 Bq/kg على التوالي. معدل معاملات الانتقال للبيوتاسيوم ^{40}K والراديو ^{226}Ra والثوريوم ^{232}Th من التربة الى الخضراوات الجافة كانت 0.507 ± 0.04 ، 0.386 ± 0.06 ، 0.216 ± 0.03 في حين كان معدل قيم معاملات الانتقال إلى الخضراوات الرطبة هو 0.05 ± 0.014 ، 0.037 ± 0.013 ، 0.022 ± 0.007 على التوالي في المواقع الأربع أيضا. أما معدل الجرعة الممتصة ($D\gamma$) ومجموع الجرعة السنوية (H) فكانتا 0.04 ± 0.0037 $\mu\text{Gy/h}$ و $70.93 \mu\text{Sv/y}$ على التوالي.

الكلمات الدالة: تركيز العناصر المشعة الطبيعية، معامل الانتقال، الخضراوات، مؤشر الخطر الإشعاعي، الجرعة السنوية.

Transfer Factor of Radioactive Elements ^{226}Ra ، ^{40}K and ^{232}Th from Soil to some Local Vegetables at Different Regions in Nineveh Governorate

Ali K. Hussein

Department of Physics/ College of Education/ University of Mosul

ABSTRACT

In this study the activity concentrations of natural radioactive elements ^{226}Ra ، ^{40}K ، ^{232}Th and their transfer factor for 36 samples of soil and vegetables in four agriculture locations (Rabea، Al-Rashedia، Hamam Al-Aleel and Al-Salamia) were calculated. The average activity concentrations of ^{40}K ، ^{226}Ra ، ^{232}Th in soil were found to be 624.66 ± 75.4 ، 20.64 ± 3.63 and 6.73 ± 1.84 Bq/kg respectively in the four locations. Their values in dry vegetables were found to be 314.07 ± 36.3 ، 7.9 ± 1.63 and 1.68 ± 0.92 Bq/kg and in fresh vegetables were found to be 31.2 ± 7.9 ، 0.74 ± 0.23 and 0.175 ± 0.07 Bq/kg respectively. The

average transfer factors of ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th from soil to dry vegetables were found to be 0.507 ± 0.04 , 0.386 ± 0.06 and 0.216 ± 0.03 while their values to fresh vegetables were found to be 0.05 ± 0.014 , 0.037 ± 0.013 and 0.022 ± 0.007 respectively in the four locations also. The average values of absorbed dose and the total annual dose were found to be $0.04\pm 0.0037 \mu\text{Gy/h}$, $70.93 \mu\text{Sv/y}$ respectively.

Keywords: Concentrations of natural radioactive elements, Transfer factor, Vegetables, Radiation hazard index, Annual dose.

المقدمة

تعرض حياة الكائنات الحية وخاصة الإنسان إلى مخاطر جراء وجود نشاط إشعاعي في البيئة التي يعيش فيها فوق الحد المسموح به عالمياً، أي وجود تراكيز عالية للعناصر المشعة والذي يدعى بالتلوث الإشعاعي. وللتلوث الإشعاعي مصادر طبيعية مثل الأشعة الكونية وأشعة جاما المنبعثة من القشرة الأرضية وأخرى صناعية مثل الأشعة السينية والأشعة المتولدة نتيجة التفاعلات النووية والأشعة الناتجة من استخدام النظائر المشعة في المجالات الطبية والصناعية والزراعية وغيرها (الصباحة، 2001؛ علي وآخرون، 2013). المواد الغذائية بصورة عامة ومنها الخضراوات قد تحتوي على مواد مشعة طبيعية أو صناعية تساهم في الجرعة الداخلة للفرد، وقد تبين بأن (1/8) الجرعة السنوية التي يتعرض لها تأتي عن طريق تناول الغذاء (UNSCEAR, 2000). يظهر النشاط الإشعاعي البيئي بشكل رئيسي من نويدات البوتاسيوم المشع ^{40}K وبعض النويدات المشعة الناتجة من سلسلة ^{238}U و ^{232}Th ووليداتها والتي تعد المساهم الرئيسي في الجرعة الإشعاعية الداخلية (Abdulaziz Alharbi and El-Taherm, 2013). يختلف تناول المواد الغذائية من قبل الأفراد اختلافاً كبيراً وذلك حسب الموقع الجغرافي وتوفر الغذاء والتحصينات الزراعية المسبقة للحقل وأخيراً العادات الغذائية للناس (Tomoko et al., 2009). إن مستوى التلوث الناتج من النشاط الإشعاعي الطبيعي في بيئتنا أصبح تحت المراقبة المستمرة بسبب اهتمام الرأي العام بمخاطر الإشعاع على صحة الإنسان والكائنات الأخرى (Saeed et al., 2012). يطلق على عملية انتقال النويدات المشعة من التربة إلى النبات مصطلح يسمى عامل الانتقال (Transfer Factor, TF)، والذي يعرف بأنه النسبة بين تركيز النويدات المشعة في النبات (رطب أو جاف) إلى تركيز النويدات في التربة الجافة (Abu-Khadra et al., 2008). يتفاوت عامل الانتقال من موقع إلى آخر حسب فصل السنة والفترة الزمنية بعد التلوث إضافة إلى نوع النويدات المشعة ونوع الغلة ونوع التربة وتركيز العناصر المستقرة الموجودة فيها (Martinez-Aguirre and Perianez, 1998). لقد أجريت دراسات عديدة لتحديد مستويات تراكيز بعض النويدات المشعة في بعض المواد الغذائية والخضراوات وبعض النباتات البرية (James et al., 2007; Shanthi et al., 2009; Saleh et al., 2007; 2011). يعد عامل الانتقال من المؤشرات على السلامة البيئية من الإشعاعات النووية، وعلمية قدرة النباتات على امتصاص النويدات المشعة من التربة، فالنباتات التي لها معاملات انتقال عالية يستفاد منها في إزالة التلوث من التربة أما النباتات التي لها معاملات انتقال منخفضة جداً فيمكن زراعتها في الأراضي الملوثة، وبالتالي الاستفادة من تلك الأراضي (Shyamal et al., 2013)، وبالنظر لهذه الأهمية فقد أجريت العديد من البحوث والدراسات لحساب معامل الانتقال لبعض النويدات المشعة من قبل باحثين عديدين في مناطق عديدة في العالم (Blanco Tome et al., 2003; Bunzl and Trautmannsheimer, 1999; guirre et al., 1997). تهدف الدراسة الحالية إلى حساب معامل انتقال بعض العناصر المشعة ذات العمر النصف الطويل من التربة إلى بعض الخضراوات المحلية التي تستهلك بصورة كبيرة من قبل الفرد العراقي بعد حساب تراكيزها في

عينات التربة والخضراوات. كما تهدف الدراسة إلى حساب الجرعة الممتصة والجرعة السنوية والخطورة الداخلية والخارجية التي يتعرض لها الفرد وأخيرا حساب مكافئ الراديوم.

الجزء العملي

تحضير العينات

تم جمع وتحضير 36 عينة من التربة والخضراوات (طماطم، خيار، بادنجان، فلفل أخضر، باميا، كرفس، كراث، بقدونس، سلق) من أربعة مواقع زراعية مهمة تحيط بمدينة الموصل وتزود السكان بالمحاصيل للاستهلاك اليومي. المواقع الأربع هي، الموقع الأول هو منطقة ربيعة الواقعة غرب الموصل وهي منطقة زراعية مهمة، والموقع الثاني هو منطقة الرشيدية وتقع شمال المدينة، والموقع الثالث هو منطقة حمام العليل الواقعة جنوب المدينة، والموقع الرابع هو منطقة السلامة وتقع إلى الجنوب الشرقي لمدينة الموصل. غسلت الخضراوات بصورة جيدة وأزيلت منها الأجزاء التي لا تؤكل ثم وزنت وهي رطبة بعدها قطعت إلى قطع وشرائح رقيقة وعرضت لأشعة الشمس في موسم الصيف لأكثر من عشرة أيام، وبعد التأكد من جفافها تم طحنها بصورة جيدة ثم نخلت للحصول على مسحوق ناعم ومتجانس. عرض المسحوق مرة أخرى للحرارة لعدة ساعات إلى أن تم الحصول على وزن ثابت للعينة. أما التربة فقد جمعت من عمق (0-20) سنتيمتر، لضمان تغطية الجذر، حيث نظفت من الأدغال وبقايا الجذور والحصى الناعم والأشياء الغريبة الأخرى ثم جففت بصورة جيدة وطحنت ونخلت. عيئت عينات التربة والخضراوات في كؤوس مارنيللي، وهي عبارة عن وعاء اسطواني من البلاستيك يحتوي على فجوة في مركزه لوضع بلورة الكاشف فيها بحيث تحيط العينة بالبلورة مما يتيح كفاءة قياس عالية. بعد التعبئة علمت الكؤوس وأغلقت بإحكام لضمان عدم تسرب غاز الرادون، ثم خزنت لمدة أربعة أسابيع، قبل بدء عملية القياس، بغية الوصول الى توازن إشعاعي بين الراديوم ووليداته المشعة.

مطابقة أشعة كاما

استخدمت مطيافية أشعة كاما والتي تتكون من كاشف ومبضي NaI(Tl) ذي بلورة إبعادها 2.5 cm×3.8 cm يرتبط بمنظومة حديثة تدعى (SPECTECH UCS-20) والتي بدورها ترتبط بجهاز حاسوب مع برنامج لغرض تشغيلها وتجميع الطيف وتحليل النتائج. ولتهيئة المنظومة لإجراء القياسات الطيفية تم إجراء عملية معايرة للطاقة وذلك باستخدام المصادر المشعة القياسية التالية ، ^{152}Eu ، ^{137}Cs ، ^{60}Co . تم حساب كفاءة الكاشف أعلاه للطاقات 1460keV المنبعثة من نظير البوتاسيوم المشع ^{40}K و 609keV و 1765keV المنبعثة من البزموت ^{214}Bi (إحدى وليدات الراديوم ^{226}Ra) و 2615keV المنبعثة من الثاليوم ^{208}Tl (إحدى وليدات سلسلة الثوريوم ^{232}Th) فكانت بحدود 0.0067 و 0.0315 و 0.0055 و 0.0026 على التوالي (الإمام، 2012). بعدها وضعت بلورة الكاشف داخل وعاء مارنيللي الحاوي على العينات ثم أحيطت البلورة والوعاء بحواجز من الرصاص سمكها 5cm لتقليل الخلفية الإشعاعية وتم تجميع طيف ناشعة كاما لمدة 18000 ثانية.

الحسابات

استخدمت المعادلة التالية لحساب تركيز الفعالية (activity concentration) للعناصر المشعة، ^{232}Th و ^{40}K و ^{226}Ra (Abu-Khadra and Eissa, 2008):

$$C(\text{Bq.kg}^{-1}) = \frac{N - B}{\epsilon . I . t . W} \dots\dots\dots(1)$$

حيث N هي مجموع العد الصافي للذرة الضوئية، B الخلفية الإشعاعية تحت للذرة الضوئية، ε كفاءة الكاشف لطاقة الذرة الضوئية، I شدة أشعة كاما (أي عدد الفوتونات المنبعثة لكل 100 انحلال)، t زمن العد بالثانية، W كتلة العينة الجافة بوحدة kg . لحساب الجرعة الممتصة $D\gamma(nGy/h)$ الناتجة عن أشعة كاما على ارتفاع متر واحد فوق سطح الأرض استخدمت الصيغة الآتية (Mahur, et al., 2008. UNSCEAR, 2000):

$$D\gamma (\mu Gy.h^{-1}) = (0.462C_{Ra} + 0.604C_{Th} + 0.0417C_K) \dots\dots\dots(2)$$

حيث ان C_{Ra} و C_{Th} و C_K تمثل تراكيز فعالية العناصر ^{226}Ra و ^{232}Th و ^{40}K على التوالي. إن الخطر الذي يسببه النشاط الإشعاعي الناتج عن العناصر المشعة ^{226}Ra و ^{232}Th و ^{40}K والذي يدعى بنشاط مكافئ الراديوم (Ra_{eq}) ويمكن حسابه وفق الصيغة الآتية (Mahur et al., 2008. UNSCEAR, 2000):

$$Ra_{eq} = C_{Ra} + 1.43C_{Th} + 0.077C_K \dots\dots\dots(3)$$

أن مؤشر كاما (γ index, I_γ) الذي يمثل مجموع نسب التراكيز المقاسة للنويدات المشعة الطبيعية في التربة، يعطى بالعلاقة الآتية (Dragovic, et al., 2010):

$$I_\gamma = C_{Ra}/150 + C_{Th}/100 + C_K/1500 \leq 1 \dots\dots\dots(4)$$

أما مؤشر الخطر الخارجي (H_{ex}) فيعطى بالعلاقة الآتية (Mahur, et al., 2008. UNSCEAR, 2000):

$$H_{ex} = C_{Ra}/370 + C_{Th}/259 + C_K/4810 \leq 1 \dots\dots\dots(5)$$

كما أن مؤشر الخطر الداخلي (H_{in}) والذي يمثل مخاطر التعرض الداخلي للرادون ووليداته يعطى بالعلاقة الآتية (Mahur, et al., 2008. UNSCEAR, 2000):

$$H_{in} = C_{Ra}/185 + C_{Th}/259 + C_K/4810 \leq 1 \dots\dots\dots(6)$$

لإيجاد الجرعة السنوية نتيجة تناول المواد الغذائية يجب حساب تركيز النظير المشع في العينة الرطبة وذلك باستخدام المعادلة الآتية:

$$C_f = C_d \times \frac{W_d}{W_f} \dots\dots\dots(7)$$

إذ إن: C_f و C_d تركيزا النظير المشع في العينة الرطبة والجافة على التوالي بوحدة (Bq/kg) . W_f و W_d كتلة العينة الجافة والرطبة بوحدة kg .

أما الجرعة الداخلية السنوية (H , annual internal dose) فتحسب من العلاقة (Pulhani, et al., 2005):

$$H(Sv/y) = C_f (Bq/kg) \times F (kg/y) \times CF (Sv/Bq) \dots\dots\dots(8)$$

حيث أن $C_f(Bq/kg)$ يمثل تركيز النويد المشعة في العينات الرطبة (الطازجة)، $F(kg/y)$ هي معدل الاستهلاك السنوي التقريبي للفرد العراقي والموضح في الجدول (4). و $CF(Sv/Bq)$ تمثل معامل تحويل الجرعة الداخلية للنظير المشع في المادة الغذائية ^{40}K و ^{22}Ra و ^{232}Th وهي 6.2×10^{-9} و 2.8×10^{-7} و 2.3×10^{-7} على التوالي (Saleh et al., 2007. UNSCEAR, 2000): لإيجاد معامل الانتقال (Transfer factor) للنويدات المشعة من التربة إلى النبات (ثمر أو أوراق)، نستخدم المعادلة الآتية: (Dragovic et al., 2010).

$$\text{TF} = \frac{\text{Activity of radionuclides in plant (Bq kg}^{-1}\text{dry (fresh) weight)}}{\text{Activity of radionuclides in soil (Bq kg}^{-1}\text{dry weight)}} \dots\dots\dots(9)$$

النتائج والمناقشة

النشاط الإشعاعي في التربة

يبين الجدول (1) نتائج تراكيز الفعالية للعناصر المشعة الطبيعية وهي البوتاسيوم ^{40}K والراديو ^{226}Ra والثوريوم ^{232}Th في عينات من التربة الجافة التي تم جمعها من المواقع الأربعة. تتراوح تراكيز الفعالية للبوتاسيوم ^{40}K من 472.66 Bq/kg (تربة-فلفل أخضر) الى 761.44 Bq/kg (تربة-بادنجان) ومن 524.71 Bq/kg (تربة-بقدونس) الى 702.22 Bq/kg (تربة-كرافس) ومن 572.73 Bq/kg (تربة-فلفل أخضر) الى 713.56 Bq/kg (تربة-سلق) ومن 558.34 Bq/kg (تربة-فلفل أخضر) إلى 696.55 Bq/kg (تربة-بادنجان)، وان معدل تراكيز الفعالية لهذا النظير هي 611.31 ± 46.24 Bq/kg و 2.13 ± 36.7 Bq/kg و 643.62 ± 34.7 Bq/kg و 631.60 ± 24.73 Bq/kg في المواقع 1 و 2 و 3 و 4 على التوالي. وتقع هذه التراكيز ضمن الحدود المسموح بها عالميا من (140-850 Bq/kg) وبقيمة متوسطة مقدارها (400 Bq/kg) (UNSCEAR, 2000). وتتراوح تراكيز الفعالية للراديو ^{226}Ra من 14.652 Bq/kg (تربة-بادنجان) إلى 23.573 Bq/kg (تربة-طماطم) ومن 14.776 Bq/kg (تربة-بقدونس) إلى 23.227 Bq/kg (تربة-سلق) ومن 17.467 Bq/kg (تربة-سلق) إلى 24.786 Bq/kg (تربة-باميا) ومن 17.982 Bq/kg (تربة-باميا) إلى 27.215 Bq/kg (تربة-خيار) في المواقع الأربعة على التوالي. وان معدل تراكيز الفعالية للراديو ^{226}Ra في الموقع الأربعة هي 19.29 ± 1.61 Bq/kg و 19.58 ± 1.89 Bq/kg و 22.03 ± 1.7 Bq/kg و 21.67 ± 1.65 Bq/kg حيث تقع هذه التراكيز ضمن الحدود الدولية المسموح بها (من 17 Bq/kg إلى 60 Bq/kg وبقيمة متوسطة مقدارها 35 Bq/kg) (UNSCEAR, 2000). كما تراوحت تراكيز الفعالية للثوريوم ^{232}Th من 3.521 Bq/kg (تربة-طماطم) الى 9.897 Bq/kg (تربة-باميا) ومن 5.834 Bq/kg (تربة-بقدونس) إلى 9.023 Bq/kg (تربة-سلق) ومن 4.852 Bq/kg (تربة-باميا) إلى 8.262 Bq/kg (تربة-سلق) 4.947 Bq/kg (تربة-فلفل أخضر) إلى 8.527 Bq/kg (تربة-بادنجان) في المواقع الأربعة على التوالي. وان معدل تراكيز الفعالية لهذا النظير في الموقع الأربعة هي 5.79 ± 1.2 Bq/kg و 7.91 ± 0.7 Bq/kg و 6.41 ± 0.8 Bq/kg و 6.79 ± 0.66 Bq/kg. إن قيم التراكيز هذه أقل من المستويات الدولية المسموح بها عالميا (من 11 Bq/kg الى 64 Bq/kg وبقيمة متوسطة مقدارها 30 Bq/kg) (UNSCEAR, 2000). ان نتائج الدراسة الحالية لمعدل تراكيز النويدات أعلاه أقل من نتائج الباحث (Pulhani, et al., 2005) اذ ان معدل نتائجه من 41.7 Bq/kg الى 554 Bq/kg للبوتاسيوم ^{40}K ومن 18.2 Bq/kg الى 51.2 Bq/kg للراديو ^{226}Ra ومن 18.7 Bq/kg الى 42.2 Bq/kg للثوريوم ^{232}Th . الجدول (2) يمثل مقارنة التراكيز للنويدات المشعة الطبيعية ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th في التربة للدراسة الحالية مع أخرى في مناطق مختلفة من العالم (Shyamal et al., 2013). حيث يظهر ان معدل تركيز البوتاسيوم أعلى من معدل القيمة العالمية لكن تظل القيمة القصوى له أقل منها في العديد من البلدان، في حين ان معدل تراكيز الفعالية للراديو والثوريوم أقل من معدل القيمة العالمية. ومن المعروف جيدا أن وجود البوتاسيوم في جميع الكائنات الحية بمستويات مختلفة ناتج عن المستويات المتنوعة لنظير البوتاسيوم المشع ^{40}K في النباتات. ومن نتائج حسابات تراكيز الفعالية أعلاه نلاحظ ان نسبة المساهمة للبوتاسيوم ^{40}K (96%) وهي اعلى بكثير من تلك التي للعنصرين ^{232}Th (2.89%) و ^{226}Ra (1.035%) لأن البوتاسيوم هو العنصر الأكثر وفرة في التربة وبسبب عمليات التسميد بمواد غنية بالفوسفات. ان النشاط

الإشعاعي الطبيعي في عينات التربة يتأثر بقوة بعوامل عدة منها التشكيلات الجيولوجية للتربة وطريقة استخدام التربة والمناخ إضافة إلى عمليات التسميد وأنواع الأسمدة المستخدمة (Saleh et al., 2007).

النشاط الإشعاعي في الخضروات الجافة

يبين الجدول (1) نتائج تراكيز الفعالية للعناصر المشعة الطبيعية ^{232}Th و ^{226}Ra و ^{40}K في عينات الخضروات الجافة التي تم جمعها من المواقع الأربعة. لقد وجد أن أعلى تركيز للبتاسيوم (^{40}K) هو 387.987 Bq/kg (كرافس-موقع 2) وإن أوطأ تركيز له هو 237.65 Bq/kg (باميا-موقع 3) وبقيمة متوسطة مقدارها 314.07 Bq/kg . كما وجد أن أعلى تركيز للراديويم (^{226}Ra) هو 11.26 Bq/kg (فلفل أخضر-موقع 3) وإن أوطأ تركيز له هو 4.795 Bq/kg (طماطم-موقع 4) وبقيمة متوسطة مقدارها 7.9 Bq/kg ، إن معدل تراكيز البوتاسيوم والراديويم تتفق مع نتائج الباحث (Karunakara et al., 2003) حيث تتراوح نتائجه من $12-797 \text{ Bq/kg}$ ومن $(\text{Not Detected, ND-13.2}) \text{ Bq/kg}$ على التوالي. أما أعلى تركيز للثوريوم ^{232}Th فكان 3.865 Bq/kg (باميا-موقع 1) في حين لم يتم العثور على أي تركيز له (ND) في العينات (طماطم-باندنجان-فلفل أخضر) و (بقدونس) و (باندنجان-باميا) و(خيار-فلفل أخضر) في المواقع 1 و 2 و 3 و 4 على التوالي. وإن معدل تراكيز الفعالية لهذا النظير فهي 1.68 Bq/kg .

الجدول 1: تراكيز الفعالية للعناصر المشعة ^{232}Th و ^{40}K و ^{226}Ra في التربة والخضروات (الجافة) ومعامل انتقالها في المواقع الأربعة

الموقع الأول (ربيعية)								
رقم العينة	نوع الغذاء	نوع العينة	التركيز (Bq/kg)			معامل الانتقال (TF)		
			^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra
1	طماطم	تربة	3.521	631.563	23.573			
		ثمر	ND	298.745	7.521	ND	0.473	0.319
2	خيار	تربة	4.032	588.342	19.739			
		ثمر	2.116	323.175	9.946	0.525	0.549	0.503
3	باندنجان	تربة	4.277	761.435	14.652			
		ثمر	ND	367.743	4.895	ND	0.483	0.334
4	فلفل أخضر	تربة	7.236	472.658	16.738			
		ثمر	ND	254.643	6.224	ND	0.639	0.372
5	باميا	تربة	9.897	602.545	21.763			
		ثمر	3.723	344.765	8.472	0.376	0.538	0.389
			5.79±2.7	611.3±103.4	19.29±3.6	المعدل ± الخطأ القياسي*		
			1.16±1.7	318.8±43.59	7.41±1.95	0.18±0.25	0.54±0.06	0.38±0.07
الموقع الثاني (الرشيدية)								
رقم العينة	نوع الغذاء	نوع العينة	التركيز (Bq/kg)			معامل الانتقال (TF)		
			^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra
6	كرافس	تربة	7.886	702.223	21.865			
		ثمر	3.112	387.987	7.666	0.394	0.552	0.396
7	كرات	تربة	8.884	596.773	18.444			

0.271	0.433	0.523	2.412	258.628	9.656	ثمر		
			5.834	524.712	14.776	ترية	بقونوس	8
ND	0.496	0.400	ND	260.542	5.922	ثمر		
			9.023	624.837	23.227	ترية	سلق	9
0.378	0.535	0.328	3.416	333.946	7.623	ثمر		
			7.91±1.5	612.13±73.4	19.58±3.78	ترية	المعدل ± الخطأ القياسي*	
0.26±0.18	0.50±0.05	0.41±0.08	2.23±0.5	310.27±62.6	7.72±1.53	ثمر		
الموقع الثالث (حمام العليل)								
معامل الانتقال (TF)			التركيز (Bq/kg)			نوع العينة	نوع الغذاء	رقم العينة
^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra			
			5.073	691.628	21.323	ترية	بانجنان	10
ND	0.494	0.526	ND	341.664	11.225	ثمر		
			.4377	572.728	24.536	ترية	أخضر	11
3950.	0.503	0.459	2.943	288.628	11.267	ثمر		
			.8524	596.553	4.7862	ترية	باميا	12
ND	0.397	0.398	ND	237.657	.8739	ثمر		
			8.262	713.556	17.467	ترية	سلق	13
0.467	0.425	0.376	3.865	303.667	6.582	ثمر		
			6.41±1.7	643.62±69.4	22.03±3.4	ترية	المعدل ± الخطأ القياسي*	
0.22±0.25	0.455±0.05	0.44±0.06	1.7±2.0	292.90±43.1	9.74±2.2	ثمر		
الموقع الرابع (السلامية)								
معامل الانتقال (TF)			التركيز (Bq/kg)			نوع العينة	نوع الغذاء	رقم العينة
^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra			
			7.834	673.762	19.532	ترية	طماطم	14
0.366	0.550	0.244	2.872	348.664	4.795	ثمر		
			5.678	626.833	27.215	ترية	خيار	15
N.D.	0.614	0.321	N.D.	384.556	8.759	ثمر		
			8.527	696.548	23.583	ترية	بانجنان	16
0.384	0.465	0.247	3.277	323.741	5.827	ثمر		
			4.947	558.335	20.033	ترية	أخضر	17
N.D.	0.482	0.388	N.D.	269.752	7.788	ثمر		
			7.006	602.545	17.982	ترية	باميا	18
0.303	0.572	0.361	2.123	344.765	6.497	ثمر		
			6.79±1.48	631.60±55.3	21.67±3.7	ترية	المعدل ± الخطأ القياسي*	
0.21±0.2	0.54±0.026	0.31±0.06	1.65±1.56	334.29±42.2	6.73±1.57	ثمر		

ND: Not detected* = حيث σ/\sqrt{N} الخطأ القياسي (Nsiah-Akoto et al., 2011).

الجدول 2: مقارنة التراكيز للنويدات المشعة الطبيعية ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th في التربة للدراسة الحالية مع أخرى في مناطق مختلفة من العالم (Shyamal et al., 2013).

البلد	^{40}K (Bq/kg)	^{226}Ra (Bq/kg)	^{232}Th (Bq/kg)
مصر	41.5-418	5.3-66.8	5-37.3
تايبوان	195.3-640	44.7-106	12.2-44.2
الصين	9-1800	2-440	1-360
الهند	38-760	7-81	14-160
اليابان	15-990	6-98	2-88
إيران	250-980	8-55	5-42
الأردن	121.8-244.8	16.3-57.3	7.6-16.2
سويسرا	40-1000	10-900	4-70
اسبانيا	25-1650	6-250	2-210
الدراسة الحالية	472 -713	14.6-27.2	4.8-9.8
معدل القيم العالمية	400	35	30

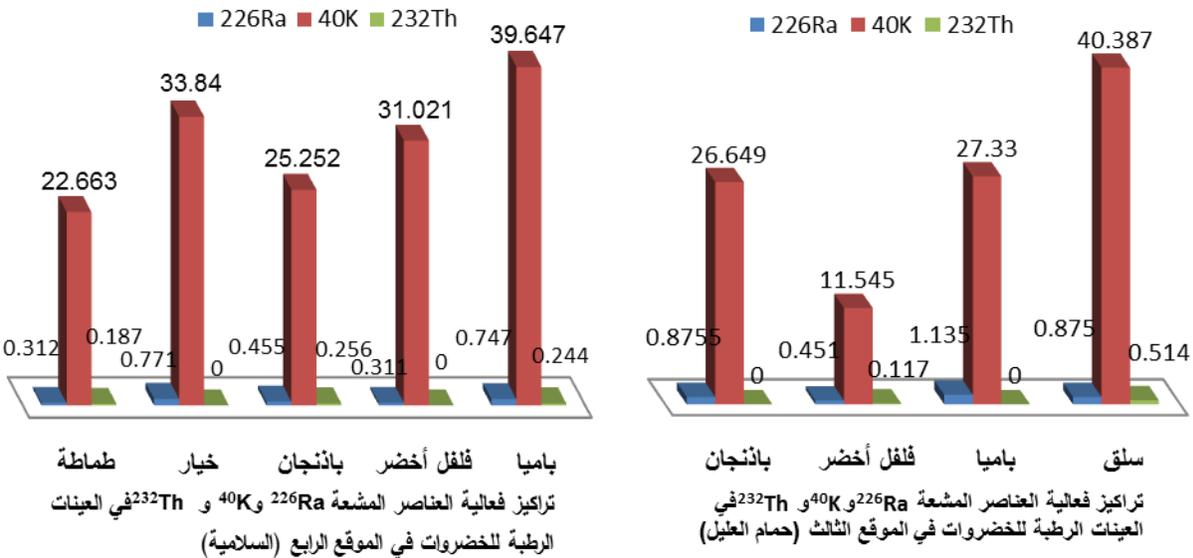
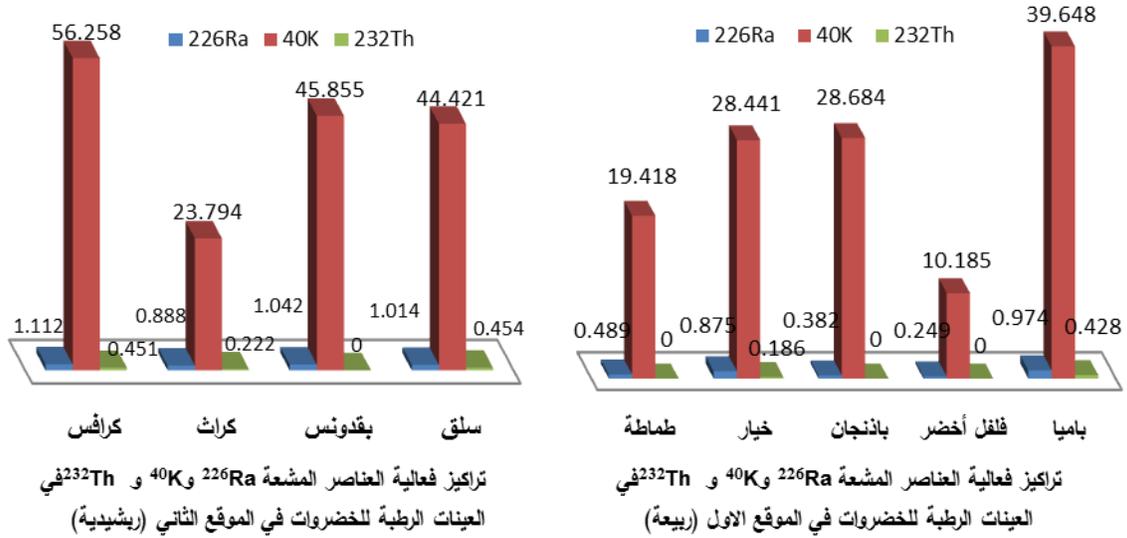
النشاط الإشعاعي في الخضروات الرطبة

يمثل الشكل رقم (1) تراكيز الفعالية للنويدات المشعة الطبيعية ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th في عينات الخضروات الرطبة. أعلى مستوى لتركيز البوتاسيوم ^{40}K كان 56.25 Bq/kg (كرافس-موقع 2) في حين وجد أن أوطأ تركيز له هو 10.19 Bq/kg (فلفل أخضر-موقع 1) وبمعدل مقداره 31.2 ± 3.53 Bq/kg. ان تركيز البوتاسيوم ^{40}K في الخيار وفي الطماطم في الدراسة الحالية أقل من النتائج التي حصل عليها الباحث (Ibrahim, 2007) وهي ضمن الحدود العالمية (40-240 Bq/kg) (Maul and O'Hara, 1989). أما أعلى تركيز للراديو ^{226}Ra فكان 1.14 Bq/kg (باميا-موقع 3) وأوطأ تركيز كان 0.249 Bq/kg (فلفل أخضر-موقع 1) وبقيمة متوسطة مقدارها 0.74 ± 0.102 Bq/kg وتتوافق هذه القيمة مع القيمة التي حصل عليها الباحث (Shanthi et al., 2009)، وهي أعلى من الحدود العالمية المعتمدة للخضروات (0.03 Bq/kg) (UNSCEAR, 2000). أما تركيز الثوريوم ^{232}Th فتراوح من عدم العثور على اي تركيز له (ND) في العينات (طماطم-بادنجان-فلفل أخضر موقع 1) و (بقدونس) موقع 2) و (بادنجان-باميا موقع 3) و (خيار-فلفل أخضر موقع 4) الى 0.514 Bq/kg (سلق-موقع 3)، وبقيمة متوسطة مقدارها 0.175 ± 0.031 Bq/kg، وهذه القيمة تتفق مع نتائج الباحث (Shanthi et al., 2009)، وهي أيضا أعلى من الحدود العالمية (0.015 Bq/kg).

معامل الانتقال (TF)

نتائج معامل انتقال العناصر المشعة الطبيعية ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th من التربة الى الخضروات الجافة مدرجة في الجدول (1). تتراوح قيم معامل الانتقال للبوتاسيوم ^{40}K من 0.397 Bq/kg (باميا-موقع 3) إلى 0.639 Bq/kg (فلفل أخضر-موقع 1) وبمعدل مقداره 0.507. أعلى قيمة لمعامل انتقال الراديو ^{226}Ra هي 0.526 (بادنجان-موقع 3) في حين ان أوطأ قيمة له هي 0.244 (طماطم-موقع 4) وبمعدل مقداره 0.386، وهذه القيم متوافقة مع القيم التي حصل عليها (James et al., 2011) حيث تتراوح نتائجه من (0.03-0.47). أما قيم معامل انتقال الثوريوم ^{232}Th فتتراوح بين (ND) في العينات (طماطم-بادنجان-فلفل أخضر) و (بقدونس) و (بادنجان-باميا) و (خيار-فلفل أخضر) في المواقع 1 و 2 و 3 و 4 على التوالي الى 0.525 (خيار-موقع 1)، بمعدل

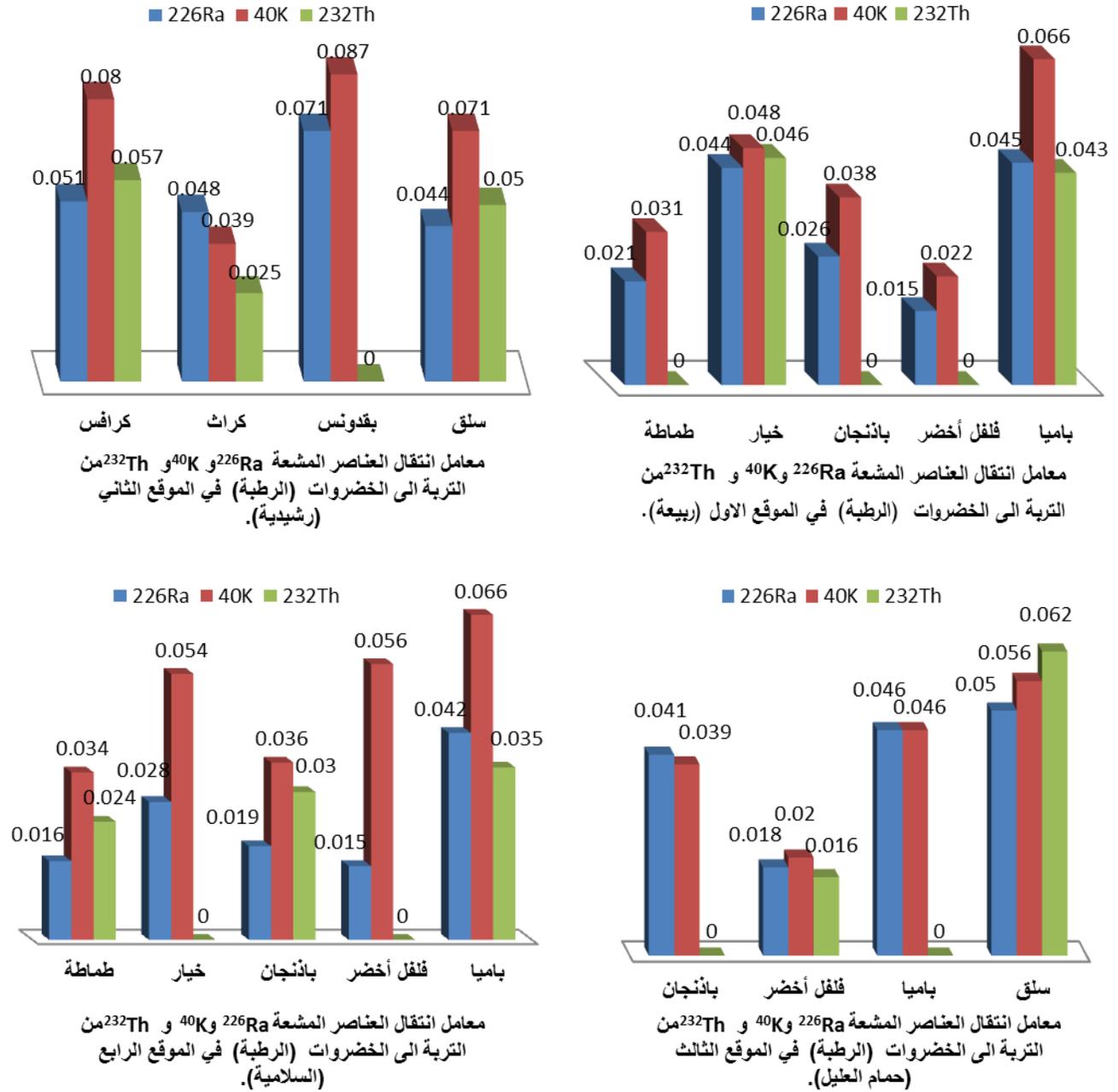
مقداره 0.216. الشكل (2) يمثل نتائج حسابات معامل الانتقال للعناصر المشعة الطبيعية ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th في العينات الرطبة التي تم جمعها من المواقع الأربعة. أعلى قيمة لمعامل انتقال البوتاسيوم ^{40}K هي 0.087 (بقدونس-موقع 2) وأوطأ قيمة له هي 0.02 (فلفل أخضر-موقع 3) بمعدل مقداره 0.05 ± 0.014 . وتتراوح قيم معامل الانتقال للراديوم ^{226}Ra بين 0.071 (بقدونس-موقع 2) و 0.015 (فلفل أخضر-موقع 1) وبمعدل مقداره 0.037 ± 0.013 . أما معامل انتقال الثوريوم ^{232}Th فيتراوح بين (ND) في العينات (طماطم-بادنجان-فلفل أخضر) و (بقدونس) و (بادنجان-باميا) و (خيار-فلفل أخضر) في المواقع 1 و 2 و 3 و 4 على التوالي و 0.062 (سلق-موقع 3) وبمعدل مقداره 0.022 ± 0.007 .



الشكل 1: تراكيز فعالية العناصر المشعة ^{226}Ra و ^{40}K و ^{232}Th في العينات الرطبة للخضروات في المواقع الأربعة.

مؤشرات الخطر الإشعاعي

من اجل تقييم مخاطر الإشعاع الناتجة من التربة، تم حساب كميات خمسة هي: معدل الجرعة الممتصة (D_γ)، نشاط مكافئ الراديوم (Ra_{eq})، ومؤشر جاما (I_γ)، ومؤشر خطر الإشعاع الخارجي (H_{ex})، ومؤشر خطر الإشعاع الداخلي (H_{in}) باستخدام المعادلات من (2-6) وقد تم إدراج النتائج في الجدول (3). إن معدل الجرعة الممتصة نتيجة لإشعاعات جاما في الهواء وعلى ارتفاع 1 متر فوق سطح الأرض تراوحت بين $0.031 \mu Gy/h$ (تربة فلفل أخضر-موقع 1) إلى $0.0451 \mu Gy/h$ (تربة باذنجان-موقع 4). كان معدل قيم D_γ هو $0.039 \pm 0.0018 \mu Gy/h$ ، $0.04 \pm 0.0022 \mu Gy/h$ ، $0.041 \pm 0.0009 \mu Gy/h$ و $0.042 \pm 0.0018 \mu Gy/h$ في المواقع 1 و 2 و 3 و 4 على التوالي، وهذه القيم متقاربة مع بعضها بشكل كبير وتقع ضمن القيم العالمية (UNSCEAR, 2000) والتي تتراوح (من $0.018 \mu Gy/h$ الى $0.093 \mu Gy/h$). إن قيم مكافئ الراديوم تتراوح من 63.48 Bq/kg (تربة فلفل أخضر-موقع 1) الى 89.41 Bq/kg (تربة باذنجان-موقع 4). ان معدل قيم مكافئ الراديوم في المواقع الأربعة هو $77.73 \pm 2.72 \text{ Bq/kg}$ ، وان هذه القيمة أقل من القيمة المعتمدة دولياً (370) (Mahur et al., 2008. UNSCEAR, 2000) أما مؤشر جاما فنتراوح قيمه بين أوطأ قيمة 0.499 (تربة فلفل أخضر-موقع 1) وأعلى قيمة 0.7069 (تربة فلفل أخضر-موقع 4) وان معدل القيم المحسوبة له في المواقع الأربعة هي 0.622 ± 0.027 . إن معدل قيم مؤشر خطر الإشعاع الخارجي (H_{ex}) و مؤشر خطر الإشعاع الداخلي (H_{in}) في المواقع الأربعة كانت 0.2115 ± 0.036 و 0.2677 ± 0.0105 على التوالي. ومن الجدول (4) نلاحظ أن معدل القيم المحسوبة لمؤشر جاما ومؤشري خطر الإشعاع الخارجي والداخلي هي أقل من الواحد وهو الحد الأعلى المسموح به عالمياً (Agbalagba et al., 2012). ومن خلال الرسوم البيانية بين (I_γ, D_γ)، (I_γ, H_{ex})، (I_γ, Ra_{eq})، (Ra_{eq}, H_{ex}) نلاحظ ان هناك علاقات خطية مهمة تم الحصول عليها وبمعاملات توافق خطية (R^2) قوية (الشكل 3).

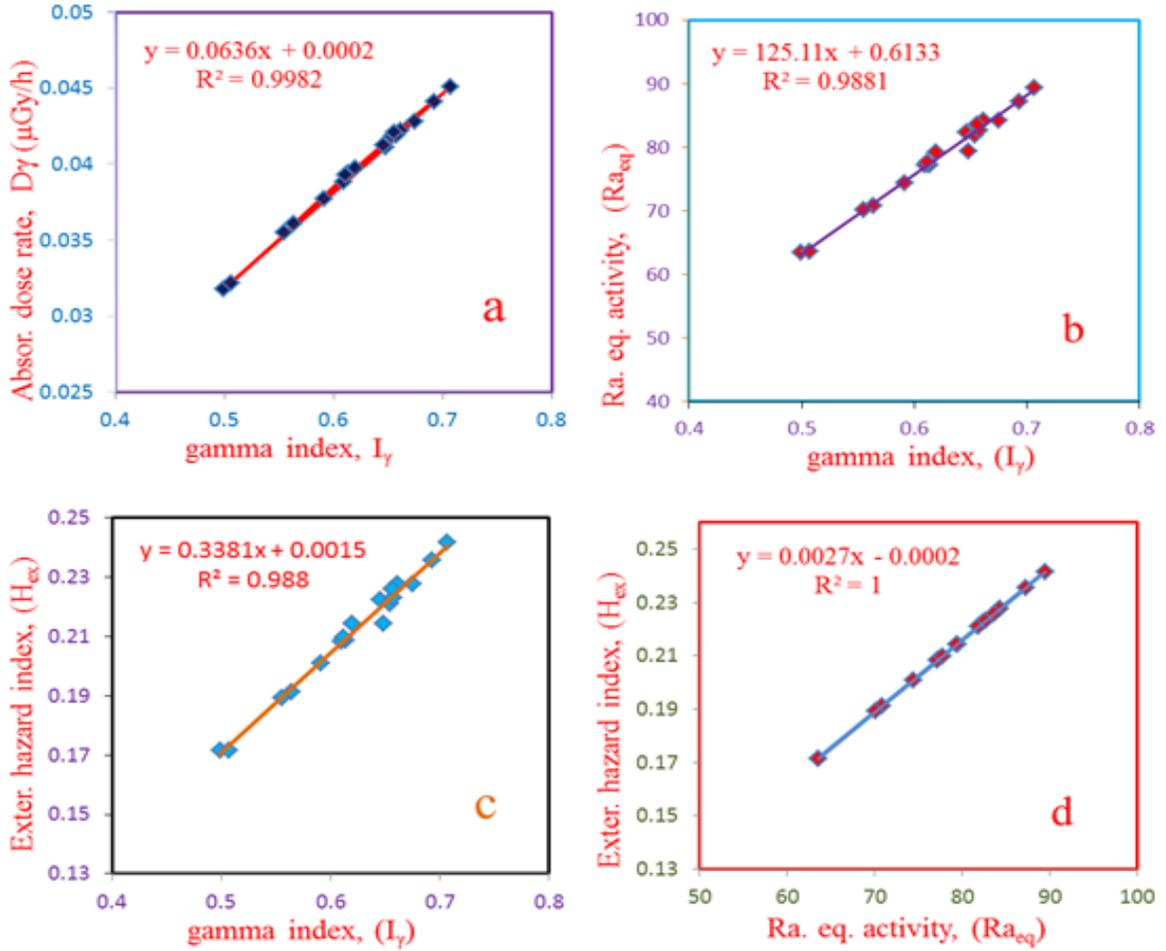


الشكل 2: معامل انتقال العناصر المشعة ^{226}Ra و ^{40}K و ^{232}Th من التربة الخضروات (الربطة) في المواقع الأربعة

الجدول 3: معدل الجرعة الممتصة ($D\gamma$) ومكافئ الراديوم (Ra_{eq}) ومؤشر جاما ($I\gamma$) ومؤشر خطر الإشعاع الخارجي (H_{ex}) ومؤشر خطر الإشعاع الداخلي (H_{in}) في المواقع الأربعة

الموقع الأول (ربيعية)						
رقم العينة	نوع التربة	معدل الجرعة الممتصة $D\gamma$ ($\mu\text{Gv/h}$)	مكافئ الراديوم Ra_{eq} (Bq/kg)	$I\gamma$	H_{ex}	H_{in}
1	طماطم	0.0394	77.2384	0.6134	0.2086	0.2723
2	خيار	0.0361	70.8071	0.5641	0.1912	0.2446
3	باننجان	0.0411	79.3986	0.6481	0.2144	0.254
4	فلفل أخضر	0.0318	63.4801	0.4991	0.1714	0.2167
5	باميا	0.0412	82.3117	0.6458	0.2223	0.2811
المعدل \pm الخطأ القياسي						
0.254 \pm 0.009 0.202 \pm 0.009 0.594 \pm 0.028 74.647 \pm 3.37 0.039 \pm 0.0018						
الموقع الثاني (الرشيدية)						
رقم العينة	نوع التربة	معدل الجرعة الممتصة $D\gamma$ ($\mu\text{Gv/h}$)	مكافئ الراديوم Ra_{eq} (Bq/kg)	$I\gamma$	H_{ex}	H_{in}
6	كرافس	0.0441	87.2132	0.6928	0.2355	0.2946
7	كراث	0.0388	77.0996	0.6096	0.2082	0.2581
8	بقدونس	0.0322	63.5214	0.5067	0.1715	0.2115
9	سلق	0.0422	84.2423	0.6616	0.2275	0.2903
المعدل \pm الخطأ القياسي						
0.264 \pm 0.019 0.21 \pm 0.014 0.62 \pm 0.04 78.02 \pm 2.63 0.04 \pm 0.0025						
الموقع الثالث (حمام العليل)						
رقم العينة	نوع التربة	معدل الجرعة الممتصة $D\gamma$ ($\mu\text{Gv/h}$)	مكافئ الراديوم Ra_{eq} (Bq/kg)	$I\gamma$	H_{ex}	H_{in}
10	باننجان	0.0418	81.8327	0.654	0.221	0.2786
11	فلفل أخضر	0.0397	79.271	0.6198	0.2141	0.2804
12	باميا	0.0393	77.6589	0.6115	0.2097	0.2767
13	سلق	0.0428	84.2255	0.6748	0.2275	0.2747
المعدل \pm الخطأ القياسي						
0.278 \pm 0.0012 0.218 \pm 0.004 0.64 \pm 0.015 80.75 \pm 1.44 0.041 \pm 0.001						
الموقع الرابع (السلامية)						
رقم العينة	نوع التربة	معدل الجرعة الممتصة $D\gamma$ ($\mu\text{Gv/h}$)	مكافئ الراديوم Ra_{eq} (Bq/kg)	$I\gamma$	H_{ex}	H_{in}
14	طماطم	0.0419	82.6143	0.6577	0.2231	0.2759
15	خيار	0.0421	83.6007	0.6561	0.2258	0.2993
16	باننجان	0.0451	89.4108	0.7069	0.2415	0.3052
17	فلفل أخضر	0.0355	70.099	0.5552	0.1893	0.2435
18	باميا	0.0377	74.3965	0.5916	0.2009	0.2495
المعدل \pm الخطأ القياسي						
0.275 \pm 0.013 0.216 \pm 0.0089 0.634 \pm 0.026 80.24 \pm 3.45 0.041 \pm 0.0018						
معدل القيم العالمية **						
1 \geq 1 \geq 1 \geq 370 \geq 0.059						

** Agbalagba *et al.*, 2012.



الشكل 3: العلاقة بين مؤشر جاما وكل من (a) معدل الجرعة الممتصة، (b) مكافئ الراديوم، مؤشر خطر الإشعاع الخارجي. و (d) العلاقة بين مؤشر خطر الإشعاع الخارجي ومكافئ الراديوم في المواقع الأربعة

الجرعة الداخلية الناتجة عن تناول الخضروات

الجدول (4) يمثل نتائج حسابات الجرعة السنوية الناتجة عن تناول بعض الأنواع من الخضروات المحتوية على النظائر المشعة الطبيعية ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th . تتراوح قيم الجرعة السنوية من $2.12 \mu\text{Sv/y}$ (فلفل أخضر) إلى $12.99 \mu\text{Sv/y}$ (خيار). مجموع الجرعة السنوية الناتجة عن تناول الخضروات قيد الدراسة هو $70.93 \mu\text{Sv/y}$ بمعدل مقداره $7.88 \pm 1.36 \mu\text{Sv/y}$ ، وهذه القيمة أعلى من القيمة التي حصل عليها الباحث (Ibrahim, 2007) لمادتي الطماطم والخيار وهي أقل من معدل الجرعة السنوية المسموحة عالمياً ($290 \mu\text{Sv/y}$) (UNSCEAR, 2000).

الجدول 4: معدل الجرعة السنوية الناجمة عن تناول المواد الغذائية الحاوية على المواد المشعة الطبيعية
 ^{232}Th و ^{226}Ra و ^{40}K للمواقع الأربعة

معدل الجرعة السنوية H($\mu\text{Sv/y}$)	معدل تركيز العناصر المشعة في المواقع الأربعة (Bq/kg)			معدل الاستهلاك السنوي (kg/y)	نوع الغذاء
	^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra		
13.2	0.09	21.04	0.4	50	طماطم
4412.	0.09	31.14	0.82	28	خيار
6.91	0.09	26.86	0.57	20	بادنجان
2.12	0.04	17.57	0.34	10	فلفل أخضر
7.98	0.22	34.47	0.95	15	باميا
12.99	0.45	56.26	1.11	17	كرافس
4.47	0.22	23.79	0.89	10	كرات
5.76	0	45.85	1.04	10	بقدونس
5.06	0.45	42.4	0.94	8	سلق
70.93	1.65	299.38	7.06	168	المجموع
7.88±1.36	0.18±0.059	33.26±4.25	0.78±0.0576		المعدل ± الخطأ القياسي
2.12-12.99	0-0.45	17.57-56.26	0.34-0.11		المدى
290	الجرعة السنوية المسموحة عالمياً (***)				

*** (UNSCEAR, 2000)

الاستنتاجات

تراوحت تراكيز الفعالية للبتاسيوم ^{40}K و الراديوم ^{226}Ra والثوريوم ^{232}Th في التربة بين 20.64 ± 1.68 و 624.66 ± 37.7 Bq/kg، وفي الخضروات الجافة بين 6.73 ± 0.92 Bq/kg، وفي الخضروات الرطبة بين 31.2 ± 3.9 Bq/kg، 0.175 ± 0.035 Bq/kg، 0.74 ± 0.11 Bq/kg، على التوالي للمواقع الأربعة. نلاحظ أن معدل تراكيز الفعالية للبتاسيوم ^{40}K أعلى بكثير من تلك التي للراديوم وللثوريوم في جميع العينات من تربة وخضروات، وأن النشاط الإشعاعي الطبيعي في عينات التربة يختلف من موقع إلى آخر حسب التشكيلات الجيولوجية للتربة والمناخ إضافة إلى عمليات التسميد وأنواع الأسمدة المستخدمة، ومع ذلك فأنها تبقى ضمن الحدود الدولية المسموحة. إن معدلات قيم معامل الانتقال للعناصر ^{40}K و ^{226}Ra و ^{232}Th في العينات الجافة هي أقل من الواحد. ومن الشكل (2) نلاحظ أن أعلى قيمة لمعامل انتقال الثوريوم في عينة السلق (موقع 3) أعلى من معامل انتقال البوتاسيوم والراديوم. إن النتائج الحالية لتركيز النشاط الإشعاعي للعناصر المشعة ومعدل الجرعة السنوية ومكافئ الراديوم ومؤشر وكما ومؤشر الخطورة الخارجي والداخلي أقل من الحدود المسموح بها عالمياً. مجموع الجرع السنوية الناتجة عن تناول الخضروات قيد الدراسة هو $70.93 \mu\text{Sv/y}$ وهي أقل من الحدود المسموحة عالمياً ($290 \mu\text{Sv/y}$).

المصادر العربية

- الإمام، عاصمة محمود (2012). قياس تراكيز ^{40}K ، ^{226}Ra ، ^{222}Rn ، ^{238}U ، ^{210}Po في بعض المواد الغذائية لبعض محافظات العراق. أطروحة دكتوراه، جامعة الموصل، العراق.
- الصبيحة، ليث احمد (2001). تطبيق تقنية نووية في دراسة الاسمدة النباتية. مجلة علوم الرافدين **12** (3)، 87-92.
- علي، عامر حسن؛ محييميد، احمد خلف؛ حسن، هناء إحسان. (2013). تحديد مستوى الخلفية الإشعاعية في حرم جامعة الموصل باستخدام تقانات متعددة. مقبول للنشر في مجلة علوم الرافدين.

المصادر الأجنبية

- Abdulaziz Alharbi; El-Taher. A. (2013). A study on transfer factors of radionuclides from soil to plant. *Life Sci. J.*, **10**(2), (532-539).
- Abu-Khadra, S.A.; Abdel-Sabour, M.F.; Abdel-Fattah, A.T.; Eissa, H.S. (2008). Transfer factor of radioactive cs and sr from egyptian soils to roots and leafs of wheat plant. *IX Radiation Physics & Protection Conference*, 15-19 November, Nasr City-Cairo, Egypt.
- Abu-Khadra, S.A.; Eissa, H.S. (2008). Natural radionuclides in different plants together with their corresponding Soils in Egypt at Inshas Region and the Area Nearby. *IX Radiation physics and protection conference* 15-19 November, Nasr City-Cairo, Egypt.
- Agbalagba, E.O.; Avwiri, G.O.; Chad-Umoreh, Y.E. (2012). γ -spectroscopy measurement of natural radioactivity and assessment of radiation hazard indices in soil samples from oil fields environment of Delta State, Nigeria. *J. Environ. Radioactivity*. **109**, 64-70 .
- Aguirre A.M.; Orellana, I.G.; Leon M.G. (1997). Transfer of natural non-nuclear industries. *J. Environ. Radioact.* **35** (2), (149-171).
- Al-Masri, M.S.; Al-Akel, B.; Nashawani, A.; Amin, Y.; Khalifa, K.H.; Al-Ain, F. (2008). Transfer of ^{40}K ، ^{238}U ، ^{210}Pb ، and ^{210}Po from soil to plant in various locations in south of Syria. *J. Environ. Radioactivity*. **99**, 322-331.
- Blanco Rodriguez, P.; Vera Toma, F.; Perez Fernandez, M.; Lozano, J.C. (2006). Linearity assumption in soil-to-plant transfers of natural uranium and radium in Helianthus annuus, *L. Sci. Total Environ.* **361**, 1-7.
- Bunzl K.; Trautmannsheimer M. (1999). Transfer of ^{238}U ، ^{226}Ra ، and ^{210}Po from slag- contaminated soils to vegetables under field conditions. *L. Sci. Total Environ.* **231**, 91-99 .
- Dragovic, S.; Mihailovic, N.; Gajic, B. (2010) Quantification of transfer of ^{238}U ، ^{226}Ra ، ^{232}Th ، ^{40}K and ^{137}Cs in mosses of a semi-natural ecosystem. *J. Environ. Radioactivity*. **101**, 159-164 .
- Ibrahim, H.S. (2007). Radiological Study on Soils, Foodstuff and Fertilizers in the Alexandria Region, Egypt. *Turkish J. Eng. Env. Sci.*, **31**, 9 – 17.
- James Joshy, P.; Dileep, B.N.; Ravi, P.M.; Joshi, R.M.; Ajith, T.L.; Hegde, A.G.; Sarkar, P.K. (2011). Soil to leaf transfer factor for the radionuclides ^{226}Ra ، ^{40}K ، ^{137}Cs and ^{90}Sr at Kaiga region, India. *J. Environ. Radioactivity* **102**, 1070-1077.
- Karunakara, N.; Somashekarappa, H.M.; Narayana, Y.; Avadhani, D.N.; Mahesh, H.M.; Siddappa, K. (2003). ^{226}Ra ، ^{40}K and ^7Be activity concentrations in plants in the environment of Kaiga, India. *J. Environ. Radioactivity*, **65**, (255-266).

- Mahur, A. K.; Kumer, R.; Sonkawade, R.G.; Sengupta, D.; Prasad, R. (2008). Measurements of Natural Radioactivity and Radon Exhalation Rate from Rock Samples of Jaduguda Uranium Mines and its Radiological Implications. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*. **266**, 1591-1597.
- Martinez-Aguirre, A.; Perianez R.; (1998). Soil to plant transfer of ^{226}Ra in a marsh area: modeling application. *J. Environ. Radioact.* **39** (2), 199- 213..
- Maul, P.R.; O'Hara, J.P.; (1989). Background radioactivity in environmental materials. *J. Environ. Radioactivity* **9**, (265-273).
- Nsiah-Akoto, I.; Flether, J.J.; Oppon, O.C.; Andam, A.B. (2011). Indoor radon levels and the associated effective dose rate determination at Dome in the greater accra region Ghana. *Research J. Enviro. Earth Sci.*, **3**(2), 124-130.
- Pulhani, V.A.; Dafauti, S.; Hegde, A.G.; Sharma, R.M.; Mishra, U.C. (2005). Uptake and distribution of natural radioactivity in wheat plants from soil. *J. Environ. Radioactivity* **79**, 331–346.
- Saeed, M.A.; Siti Sarah, Y.; Hossain, I.; Ahmed, R.; Hewa, Y.; Shahid, M.; Ramli A. T. (2012). Soil to Rice Transfer Factor of the Natural Radionuclides in Malaysia. *Rom. J. Phys.*, **57**(9–10), 417–1424.
- Saleh, I.H.; Hafez, A.F.; Elanany, N.H.; Motaweh, H.A.; Naim, M.A. (2007). Radiological study on Soils, Foodstuff and Fertilizers in the Alexandria Region, Egypt. *Turkish. J. Eng. Env. Sci.*, **33**, 9-17.
- Shanthi, G.; Maniyan, C.G.; Raj, G.A.G.; Kumaran, J.T.T. (2009). Radioactivity in food crops from high background radiation area in southwest India. *Current Sci.* **97**(9), 1331-1335.
- Shyamal, R.Ch. ; Rezaul, A.; Rezaul Rahman, A.K.M.; Rashmi, S. (2013). Radioactivity Concentrations in Soil and Transfer Factors of Radionuclides from Soil to Grass and Plants in the Chittagong City of Bangladesh. *J. Physical Sci.*, **24**(1), 95–113.
- Tome, F.V.; Blanco, M.P.; Lazano, J.C. (2003). Soil to plant transfer factors for natural radionuclides and stable elements in a Mediterranean area. *J. Environ. Radioact.* **65**, 161-175
- Tomoko O.; Tetsuya, S.; Yoko, K.; Takao, M.; Kaneaki, S. (2009). Evaluation for Committed Effective Dose Due to Dietary Foods by the Intake for Japanese Adults. *Japan. J. Health Phys.*, **44** (1), 80-88.
- UNSCEAR.(2000). United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and effects of ionizing radiation, **1**, New York.